

Fritz Leonhardt

Vorlesungen über Massivbau

Teil 1
Grundlagen zur Bemessung
im Stahlbetonbau

Von F. Leonhardt und E. Mönning

Dritte, völlig neubearbeitete
und erweiterte Auflage



HLuHB Darmstadt



13808309

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York Tokyo 1984

Inhaltsverzeichnis

Wichtigstes Schrifttum	XV
Formelzeichen	XXIII
<u>1. Einführung</u>	1
<u>2. Beton</u>	3
2.1 Zement.	4
2.1.1 Normzemente nach DIN 1164	4
2.1.2 Auswahl der Zemente	5
2.1.3 Nicht genormte Zemente	5
2.2 Betonzuschlag für Normalbeton	5
2.2.1 Einteilung des Betonzuschlags	6
2.2.2 Zusammensetzung der Zuschläge	6
2.3 Anmachwasser.	6
2.4 Betonzusätze	7
2.5 Frischbeton	8
2.5.1 Zusammensetzung des Betons	8
2.5.1.1 Zementgehalt, Zementgewicht	9
2.5.1.2 Wassergehalt, Wassergewicht	9
2.5.1.3 Mehlkorngelalt	10
2.5.2 Eigenschaften des Frischbetons	10
2.6 Einflüsse auf die Erhärtung des Betons	11
2.6.1 Zementart	11
2.6.2 Temperatur und Reifegrad	11
2.6.3 Dampfhärtung	12
2.6.4 Nachverdichtung	13
2.6.5 Nachbehandlung	13
2.6.6 Betonieren bei hohen und tiefen Temperaturen	13
2.7 Ausschulfristen	15
2.8 Festigkeiten des erhärteten Betons	15
2.8.1 Druckfestigkeit	16
2.8.1.1 Prüfkörper und Prüfmethoden	16
2.8.1.2 Nennfestigkeit β_{WN} nach DIN 1045	18
2.8.1.3 Betonprüfung in Zeitnot	19
2.8.1.4 Schnellprüfung	19
2.8.1.5 Druckfestigkeit bei langdauernder Belastung	19
2.8.1.6 Druckfestigkeit unter schwellender oder schwingender Last	20
2.8.1.7 Druckfestigkeit bei sehr hohen und sehr tiefen Temperaturen	21

2.8.1.8	Druckfestigkeit im Bauwerk	25
2.8.1.9	Streuung der Druckfestigkeiten des Normalbetons	25
2.8.2	Zugfestigkeit	25
2.8.2.1	Zentrische Zugfestigkeit	25
2.8.2.2	Spaltzugfestigkeit	26
2.8.2.3	Biegezugfestigkeit	26
2.8.2.4	Zahlenwerte für die Zugfestigkeiten	27
2.8.2.5	Streuung der Zugfestigkeit	28
2.8.3	Festigkeiten bei mehrachsiger Beanspruchung	28
2.8.4	Schub-, Scher-, Torsionsfestigkeit	29
2.9	Formänderungen des Betons	29
2.9.1	Elastische Formänderungen	30
2.9.1.1	Elastizitätsmodul des Betons	30
2.9.1.2	Temperaturdehnung	31
2.9.1.3	Wärmeleitfähigkeit	31
2.9.1.4	Querdehnung und Schubmodul	32
2.9.2	Zeitunabhängige, plastische Verformungen	32
2.9.3	Zeitabhängige Formänderungen	34
2.9.3.1	Arten und Ursachen	34
2.9.3.2	Verlauf und Abhängigkeiten des Schwindens	36
2.9.3.3	Verlauf und Abhängigkeiten des Kriechens	37
2.9.3.4	Behinderung des Schwindens und Kriechens	43
2.9.3.5	Auswirkungen von Schwinden und Kriechen auf Bauwerke	43
2.9.3.6	Rechnerische Behandlung von Schwinden und Kriechen	44
2.10	Chemische Einwirkungen auf den Beton	44
2.10.1	Betonkorrosion	44
2.10.2	Karbonatisierung	45
2.11	Dauerhaftigkeit des Betons	47
2.12	Leichtbeton für Tragwerke	48
2.12.1	Vorbemerkung - Leichtbetonarten	48
2.12.2	Zuschläge und Zusammensetzung des Leichtbetons für Tragwerke	50
2.12.2.1	Porige Zuschläge	50
2.12.2.2	Zusammensetzung und Verarbeiten des Leichtbetons	52
2.12.3	Kraftfluß im Leichtbeton	52
2.12.4	Klassen des Leichtbetons	53
2.12.5	Wesentliche Abweichungen der Leichtbeton-Eigenschaften vom Normalbeton	54
2.12.5.1	Zugfestigkeit	54
2.12.5.2	Festigkeit bei Teilflächenbelastung	54
2.12.5.3	Verbundfestigkeit	55
2.12.5.4	Dauerstandfestigkeit	55
2.12.5.5	Dauerschwingfestigkeit	56
2.12.5.6	Verformungen, σ - ϵ -Linie, E-Modul bei Kurzzeitbelastung	56
2.12.5.7	Quellen, Schwinden und Kriechen	57
2.12.5.8	Wärmeverhalten des Leichtbetons	60
2.12.5.9	Korrosionsschutz der Bewehrung	61
2.12.6	Zur Wirtschaftlichkeit von Tragwerken aus Leichtbeton	62
2.12.7	Anwendungen	62

2.13	Betone für besondere Anwendungsbereiche	62
2.13.1	Massenbeton	62
2.13.2	Strahlenschutzbeton	64
2.13.3	Faserbeton	65
2.13.4	Ferrozement	67
<u>3.</u>	<u>Betonstahl</u>	69
3.1	Allgemeines	69
3.2	Betonstahlsorten	69
3.3	Herstellung der Betonstähle	71
3.4	Kennzeichnung	72
3.5	Eigenschaften der Betonstähle	73
3.5.1	Allgemeines	73
3.5.2	Abmessungsbereich	73
3.5.3	Querschnitt	73
3.5.4	Verhalten bei einaxialer Beanspruchung durch Zug oder Druck. . .	74
3.5.4.1	Zugbeanspruchung	74
3.5.4.2	Druckbeanspruchung	75
3.5.5	Biegen	75
3.5.6	Dauerschwingfestigkeit	76
3.5.7	Schweißen	78
3.5.8	Oberflächengestalt der Betonstähle (Verbund)	79
3.5.9	Korrosion	81
3.6	Verhalten von Betonstählen unter speziellen Bedingungen	81
3.6.1	Einfluß erhöhter Belastungsgeschwindigkeiten	81
3.6.2	Verhalten bei tiefen Temperaturen	83
3.6.3	Verhalten bei hohen Temperaturen	83
3.7	Sonderfragen	84
3.7.1	Abarbeiten von Bewehrungsstählen	84
3.7.2	Mechanische Verletzungen	84
3.8	Korrosionsgeschützte Stähle	85
3.9	Lieferung von Betonstählen	85
<u>4.</u>	<u>Verbundbaustoff Stahlbeton</u>	87
4.1	Zusammenwirken von Stahl und Beton	87
4.1.1	Verbund am Zugstab aus Stahlbeton	87
4.1.2	Verbund am Stahlbetonbalken	90
4.1.3	Ursachen von Verbundspannungen in Tragwerken	92
4.2	Verbundwirkung	92
4.2.1	Arten der Verbundwirkung	92
4.2.1.1	Haftverbund	92
4.2.1.2	Reibungsverbund	92
4.2.1.3	Scherverbund	93
4.2.2	Verformungsgesetz des Verbundes	95
4.2.2.1	Qualitative Beschreibung der Verbund-Verformung . . .	95
4.2.2.2	Prüfkörper für Ausziehversuche	96
4.2.3	Verbundsteifigkeit und -festigkeit	97
4.2.3.1	Einfluß der Betongüte auf die Verbundfestigkeit	98
4.2.3.2	Einfluß der Profilierung der Oberfläche und des Durchmessers der Stäbe	98

4.2.3.3	Einfluß der Lage des Stabes beim Betonieren	98
4.2.3.4	Einfluß der Betondeckung	99
4.2.3.5	Einfluß der Betonzusammensetzung und der Konsistenz. . .	100
4.2.3.6	Einfluß von Dauerlasten, dynamischer Beanspruchung und Stoßbelastung	100
4.3	Verbundgesetze an Verankerungselementen	101
4.3.1	Ausziehversuche mit Haken	101
4.3.2	Ausziehversuche an Stäben mit angeschweißten Querstäben	102
4.4	Rechnerische Behandlung des Verbundes	103
4.4.1	Allgemeines	103
4.4.2	Bemessung des Verbundes nach DIN 1045	103
<u>5.</u>	<u>Tragverhalten von Stahlbetontragwerken</u>	<u>105</u>
5.1	Einfeldrige Stahlbetonbalken unter Biegung und Querkraft	105
5.1.1	Tragverhalten und Zustände	105
5.1.1.1	Zustände I und II	105
5.1.1.2	Beanspruchung von Bewehrung und Beton	110
5.1.1.3	Biegesteifigkeit und Durchbiegung	110
5.1.2	Tragverhalten bei reiner Biegung	111
5.1.2.1	Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit.	111
5.1.2.2	Biegebrucharten	112
5.1.3	Tragverhalten bei Biegung mit Querkraft	112
5.1.3.1	Zustand I	112
5.1.3.2	Zustand II	114
5.1.3.3	Schubbrucharten	116
5.2	Durchlaufende Stahlbetonbalken	117
5.3	Torsionsbeanspruchte Balken oder Stäbe	118
5.3.1	Reine Torsion	118
5.3.2	Torsion mit Querkraft und Biegung	119
5.4	Stützen und andere Druckglieder	119
5.5	Stahlbetonplatten	120
5.5.1	Einachsig gespannte Stahlbetonplatten	120
5.5.2	Zweiachsig gespannte Stahlbetonplatten	122
5.5.3	Punktförmig gestützte Stahlbetonplatten	122
5.6	Scheiben und wandartige Träger	124
5.7	Faltwerke	126
5.8	Schalen	126
5.9	Tragverhalten von Stahlbetontragwerken unter besonderen Beanspruchungen.	128
5.9.1	Einleitung von Lasten	128
5.9.2	Einfluß der Temperatur	128
5.9.3	Feuer, Brände	130
5.9.4	Schwinden des Betons	130
5.9.5	Kriechen des Betons	130
5.9.6	Verhalten bei Schwingungen und Stößen	131
5.9.7	Verhalten bei Erdbeben	131
5.9.8	Verhalten von Stahlbetonbauteilen bei tiefen Temperaturen und bei Schlagbeanspruchung	132

6. Grundlagen für die Sicherheitsnachweise	133
6.1 Grundsätze	133
6.1.1 Ziel	133
6.1.2 Beanspruchungen	133
6.1.3 Grenzen der Beanspruchbarkeit, Grenzzustände	134
6.2 Berechnungsverfahren zur Gewährleistung der Sicherheit	135
6.2.1 Das alte Verfahren mit zulässigen Spannungen	135
6.2.2 Auf Grenzzustände bezogene Verfahren	135
6.2.3 Auf der Wahrscheinlichkeitstheorie beruhende Verfahren	136
6.3 Größe der Sicherheitsbeiwerte	137
6.3.1 Sicherheit für die Tragfähigkeit und Standfestigkeit	137
6.3.2 Sicherheit gegen Verlust der Gebrauchsfähigkeit	139
6.4 Bemessung der Tragwerke	139
6.4.1 Grundgedanke der Bemessung	139
6.4.2 Vorgang des Bemessens	139
6.4.3 Bemessen für verschiedene Arten von Schnittgrößen	140
6.4.4 Einfluß der Steifigkeitsverhältnisse von Zustand I und II auf die Schnittgrößen bei statisch unbestimmten Tragwerken	141
6.4.5 Bemerkungen zu den gebräuchlichen Bemessungsverfahren	141
7. Bemessung für Biegung mit Längskraft	143
7.1 Bemessungsgrundlagen	143
7.1.1 Grundsätze zur Bemessung	143
7.1.2 Rechenwerte der Baustoff-Festigkeiten und der Spannungs-Dehnungs- linien	144
7.1.2.1 Rechenwerte des Betons	144
7.1.2.2 Rechenwerte des Betonstahls	147
7.1.3 Brucharten, Dehnungsverteilung und Größe des Sicherheitsbeiwertes	147
7.1.3.1 Brucharten	147
7.1.3.2 Dehnungsverteilung und Größe des Sicherheitsbeiwertes	148
7.1.4 Schnittgrößen und Gleichgewichtsbedingungen	151
7.1.4.1 Äußere Schnittgrößen	151
7.1.4.2 Innere Schnittgrößen	152
7.1.4.3 Größe und Lage der Betondruckkraft D_b	154
7.1.4.4 Gleichgewichtsbedingungen	157
7.2 Bemessung von Querschnitten mit rechteckiger Betondruckzone	159
7.2.1 Vorbemerkungen	159
7.2.2 Bemessung für Biegung mit Längskraft bei großer Ausmitte (hoch- liegende Nulllinie im Querschnitt	159
7.2.2.1 Gleichungen zur rechnerischen Lösung	159
7.2.2.2 Dimensionsloses Bemessungsdiagramm (nach H. Rüschi) für Querschnitte ohne Druckbewehrung	162
7.2.2.3 Benutzung des Bemessungsdiagramms (nach H. Rüschi) für Querschnitte mit Druckbewehrung	165
7.2.2.4 Dimensionsgebundene Bemessungstabellen für Querschnitte ohne Druckbewehrung	165
7.2.2.5 Benutzung der dimensionsgebundenen Bemessungstabellen für Querschnitte mit Druckbewehrung	169
7.2.2.6 Herleitung eines dimensionslosen Bemessungsdiagramms für Querschnitte ohne Druckbewehrung bei reiner Biegung	171
7.2.2.7 Faustformeln zur Bemessung von Querschnitten ohne Druck- bewehrung bei reiner Biegung	173

7.2.3	Bemessung für Biegung mit Längskraft bei mittlerer und kleiner Ausmitte (tiefliegende Nulllinie und Nulllinie außerhalb des Querschnitts)	174
7.2.3.1	Bemessungsdiagramme nach Mörsch-Pucher für unsymmetrische Bewehrung (tiefliegende Nulllinie im Querschnitt)	174
7.2.3.2	Bemessungsdiagramme für Biegung mit Längsdruckkraft bei symmetrischer Bewehrung	180
7.2.3.3	Bemessung für Längszugkraft mit kleiner Ausmitte	183
7.2.4	Allgemeine Bemessungsdiagramme für Rechteckquerschnitte (Interaktionsdiagramme)	184
7.3	Bemessung von Querschnitten mit nicht rechteckiger Betondruckzone	186
7.3.1	Einführung	186
7.3.2	Mitwirkende Breite beim Plattenbalken	186
7.3.2.1	Problemstellung	186
7.3.2.2	Berechnung der mitwirkenden Breite	191
7.3.3	Bemessung von Plattenbalken	192
7.3.3.1	Einteilung der Bemessungsverfahren	192
7.3.3.2	Bemessung ohne Näherungen	194
7.3.3.3	Näherungsverfahren für gedrungene Plattenbalken mit $b/b_0 \leq 5$	195
7.3.3.4	Näherungsverfahren für Plattenbalken mit dünnem Steg ($b/b_0 > 5$)	197
7.3.4	Bemessung bei beliebiger Form der Betondruckzone	199
7.3.4.1	Allgemeines	199
7.3.4.2	Richtung und Lage der Nulllinie	199
7.3.4.3	Ermittlung der kritischen Schnittgrößen M_u und N_u nach dem zeichnerischen Verfahren von Mörsch	203
7.3.4.4	Tragfähigkeitsnachweis bei Annahme konstanter Verteilung der Spannungen in der Betondruckzone	206
7.3.4.5	Bemessung kreisförmiger Querschnitte	208
7.4	Bemessung umschnürter Druckglieder ohne Knickgefahr	210
7.5	Mindestzugbewehrung bei Biegung	215
7.6	Bemessung unbewehrter Betonquerschnitte	217
8.	<u>Bemessung für Querkräfte</u>	219
8.1	Grundsätzliches zur Schubbemessung	219
8.2	Hauptspannungen in homogenen Tragwerken (Zustand I)	219
8.2.1	Ermittlung der Schubspannungen für homogene Querschnitte (Stahlbetonquerschnitte im Zustand I)	219
8.2.2	Ermittlung der Hauptspannungen für homogene Querschnitte	222
8.3	Kräfte und Spannungen in gerissenen Trägerstegen (Zustand II)	224
8.3.1	Klassische Fachwerkanalogie nach E. Mörsch	224
8.3.2	Berechnung der Kräfte und Spannungen in Mörsch'schen Fachwerken	225
8.3.2.1	Klassisches Fachwerk mit Stegzugstreben unter einem beliebigen Winkel α	225
8.3.2.2	Klassische Fachwerke mit Stegzugstreben unter 45° oder 90°	228
8.3.2.3	Einfluß der Höhe des Lastangriffes auf die Kräfte in einem Fachwerk	228
8.3.3	Rechenwert der Stegschubspannung τ_0 im Zustand II	229
8.4	Schubtragfähigkeit von Trägerstegen	230
8.4.1	Schubbrucharten	230

8.4.1.1	Schubbiegebruch	230
8.4.1.2	Schubzugbruch	231
8.4.1.3	Druckstrebenbruch	231
8.4.1.4	Verankerungsbruch	232
8.4.2	Einflüsse auf die Schubtragfähigkeit	233
8.4.2.1	Aufzählung der Einflüsse	233
8.4.2.2	Belastungsart und Laststellung	234
8.4.2.3	Art der Lasteintragung	236
8.4.2.4	Einfluß der Längsbewehrung	237
8.4.2.5	Einfluß der Querschnittsform und Bewehrungsgrade	238
8.4.2.6	Einfluß der absoluten Trägerhöhe	242
8.4.3	Erweiterte Fachwerkanalogie	242
8.5	Schubbemessung in Trägerstegen	243
8.5.1	Grundlegendes und Begriffe	243
8.5.2	Bemessung der Stegbewehrung mit voller Schubdeckung nach E. Mörsch	245
8.5.3	Bemessung der Stegbewehrung mit verminderter Schubdeckung	246
8.5.3.1	Grundlagen	246
8.5.3.2	Abzugswert τ_{OD}	247
8.5.3.3	Erforderlicher Schubdeckungsgrad η	248
8.5.3.4	Mindestschubbewehrung in Balkenstegen	249
8.5.3.5	Zusätzliche Abminderung der erforderlichen Schubbewehrung bei auflagnahen Lasten oder kurzen Balken	249
8.5.3.6	Obere Begrenzung der Schubspannungen τ_o zur Verhütung eines Druckstrebenbruches	250
8.5.3.7	Grenzwerte τ_o für Platten ohne Schubbewehrung	251
8.5.4	Bemessung nach DIN 1045	252
8.5.4.1	Maßgebende Querkraft	252
8.5.4.2	Rechenwerte τ_o	252
8.5.4.3	Bereiche für die Schubbemessung	253
8.6	Schubbemessung in Sonderfällen	255
8.6.1	Anschlußbewehrung von Gurten	255
8.6.2	Stahlbetonbalken mit veränderlicher Höhe	260
8.6.3	Berücksichtigung von Längskräften bei der Schubbemessung	263
8.6.3.1	Biegung mit Längskraft und Nulllinie im Querschnitt	263
8.6.3.2	Biegung mit Längsdruckkraft und Nulllinie außerhalb des Querschnitts	264
8.6.3.3	Biegung mit Längszugkraft und Nulllinie außerhalb des Querschnitts	264
8.6.3.4	Einfluß von Längskräften bei Trägern mit geneigten Gurten	265
9.	<u>Bemessung für Torsion</u>	267
9.1	Grundsätzliches	267
9.2	Hauptspannungen in homogenen Tragwerken bei reiner Torsion (Zustand I).	269
9.2.1	de St. Venant'sche Torsion	269
9.2.2	Bemerkungen zur Torsion mit Wölbbehinderung des Querschnitts.	273
9.3	Kräfte und Spannungen in Stahlbetontragwerken bei reiner Torsion (Zustand II)	275
9.3.1	Fachwerkanalogie bei reiner Torsion	275
9.3.2	Kräfte und Spannungen in Fachwerk-Hohlkasten	277
9.3.2.1	Fachwerk-Hohlkasten mit Zugstreben unter 45°	277
9.3.2.2	Fachwerk-Hohlkasten mit Längsstäben und senkrechten Bügeln	279

9.3.3	Rechenwert der Torsionsschubspannung im Zustand II	281
9.4	Tragverhalten von Stahlbetontragwerken bei reiner Torsion	282
9.4.1	Klassische Torsionsversuche von E. Mörsch in den Jahren 1904 und 1921	282
9.4.2	Torsions-Zugbruch (Versagen der Bewehrung)	284
9.4.3	Torsions-Druckbruch (Versagen der Beton-Druckstreben)	285
9.4.4	Ausbrechen von Kanten	286
9.4.5	Verankerungsbruch	287
9.5	Bemessung von Stahlbetontragwerken bei reiner Torsion	288
9.5.1	Bemessungsvorschlag für reine Torsion	288
9.5.1.1	Torsions-Bewehrungsgrade und Spannungen	288
9.5.1.2	Mindestbewehrung bei reiner Torsion	288
9.5.1.3	Bemessung der Bewehrungen	289
9.5.1.4	Obere Grenze der Torsionsbeanspruchung	290
9.5.2	Bemessung nach DIN 1045 bei reiner Torsion	290
9.6	Bemessung bei Torsion mit Querkraft und/oder Biegemoment	291
9.6.1	Bruchmodelle und Versuchsergebnisse	291
9.6.2	Vereinfachte Bemessung bei Torsion kombiniert mit anderen Beanspruchungen	293
9.6.2.1	Mindestbewehrung	293
9.6.2.2	Bemessung der Bewehrungen	293
9.6.2.3	Obere Grenze für $(\tau_o + \tau_T)$	293
9.6.3	Bemessung bei Torsion und Querkraft nach DIN 1045	294
<u>10.</u>	<u>Bemessung von Stahlbeton-Druckgliedern</u>	<u>295</u>
10.1	Zur Stabilität von Druckgliedern	295
10.1.1	Einfluß der Verformungen, Theorie II. Ordnung	295
10.1.2	Stabilitäts- und Spannungsprobleme	
10.1.2.1	Tragfähigkeit bei mittiger Druckbelastung	296
10.1.2.2	Tragfähigkeit bei ausmittiger Druckbelastung	296
10.2	Tragfähigkeit von schlanken Stahlbeton-Druckgliedern	298
10.2.1	Problemstellung bei schlanken Stahlbeton-Druckgliedern	298
10.2.2	Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Stahlbeton-Druckgliedern	299
10.2.2.1	Einfluß der Momentenverteilung	299
10.2.2.2	Einfluß der Betongüte und der Stahlgüte	300
10.2.2.3	Einfluß des Bewehrungsgrades	303
10.2.2.4	Einfluß des Kriechens bei Dauerlast	303
10.3	Tragfähigkeitsnachweis nach Theorie II. Ordnung bei schlanken Druckgliedern	304
10.3.1	Einführung	304
10.3.2	Überlegungen zur Größe des Sicherheitsbeiwertes	304
10.3.3	Ableitung von Krümmungsbeziehungen an rechteckigen Stahlbetonquerschnitten	305
10.3.4	Tragfähigkeitsnachweis nach Theorie II. Ordnung	312
10.4	Ersatzstabverfahren und Ermittlung von zugehörigen Knicklängen	316
10.4.1	Ersatzstabverfahren	316
10.4.2	Knicklängen für das Ersatzstabverfahren	316
10.4.2.1	Allgemeines	316
10.4.2.2	Knicklänge von Stützen (Stielen) in unverschieblichen Rahmen	317
10.4.2.3	Knicklänge von Stützen (Stielen) in verschieblichen Rahmen	320

10.5	Knicksicherheitsnachweis nach DIN 1045	324
10.5.1	Übersicht	324
10.5.2	Grundlegende Bestimmungen	325
10.5.3	Vereinfachter Nachweis für Druckglieder mit mäßiger Schlankheit ($20 \leq \lambda \leq 70$) und gleichbleibendem Querschnitt	326
10.5.4	Vereinfachter Knicksicherheitsnachweis für schlanke Druckglieder ($\lambda > 70$)	328
10.5.4.1	Grundsätzliches	328
10.5.4.2	Annahmen für M-N- κ -Beziehungen	328
10.5.4.3	Angenommene Stabverformung und zugehöriges Moment nach Theorie II. Ordnung	330
10.5.4.4	Nomogramme	331
10.5.4.5	Vereinfachte Ermittlung der Kriechverformungen v_k	331
10.5.4.6	Bemessungsbeispiel	332
10.5.5	Hinweise auf konstruktive Regeln	335
10.6	Knicksicherheitsnachweis in Sonderfällen	336
10.6.1	Knicksicherheit bei zweiachsiger Ausmitte der Druckkraft	336
10.6.1.1	Allgemeines	336
10.6.1.2	Vereinfachter Knicksicherheitsnachweis bei Druckkraft mit schiefer Biegung	336
10.6.2	Nachweis der Standsicherheit von rahmenartigen Gesamtsystemen	341
10.6.3	Knicksicherheitsnachweis bei umschnürten Stützen	344
10.7	Tragfähigkeit schlanker unbewehrter Betondruckglieder	344
10.7.1	Zum Tragverhalten unbewehrter Betondruckglieder	344
10.7.2	Bemessung unbewehrter, schlanker Druckglieder nach DIN 1045	345
11.	<u>Bemessung von Bauteilen aus Leichtbeton und Stahlleichtbeton</u>	347
11.1	Gründe für die unterschiedliche rechnerische Behandlung von Leichtbeton und Normalbeton	347
11.2	Bemessung für Biegung, Biegung mit Längskraft und Längskraft allein	347
11.3	Bemessung für Querkraft und Torsion	349
11.3.1	Grundwerte τ_0 der Schubspannung	349
11.3.2	Bemessung der Schubbewehrung	350
11.4	Nachweis der Knicksicherheit	351
11.5	Formänderungen	351
11.6	Bewehrungsrichtlinien	352
11.6.1	Betondeckung	352
11.6.2	Besondere Bestimmungen bei dicken Bewehrungsstäben und Bewehrungsstößen	352
	Schrifttumsverzeichnis	353